

# ВЕЧНОЕ СИЯНИЕ ЧИСТОЙ ЭНЕРГИИ



КАК БЕЛОРУССКИЕ ФИЗИКИ  
ПЫТАЮТСЯ РАЗГАДАТЬ ВЕЛИЧАЙШУЮ ЗАГАДКУ  
ВСЕХ ВРЕМЕН И НАРОДОВ



Научиться управлять четвертым состоянием вещества – плазмой – означает осуществить прорыв во многих определяющих нашу жизнь областях, в том числе медицине и энергетике. И если звезды, молнии, северное сияние и горящий огонь тысячи лет поражали человеческое воображение, пробуждая вдохновение художников и поэтов (а кто же первым понял, на что можно смотреть бесконечно?), то сегодня процессы, протекающие в этих природных плазменных образованиях, работают в устройствах, улучшающих жизнь миллионов людей.

Долгие годы над решением сложнейших задач, связанных с практическим применением плазмы, бьются лучшие умы человечества. Среди них – и белорусские физики, в том числе наш сегодняшний герой.

## Тайны четвертого состояния

Для человека непосвященного плазма кажется чем-то далеким и неосязаемым. А между тем она распространена в природе и бывает совершенно разной: газоразрядной, лазерной, низко- и высокотемпературной, образованной различными способами... Исследования этого состояния вещества в Беларуси ведутся по нескольким

### Краткая справка

Максим Усаченок – кандидат физико-математических наук, один из лучших молодых ученых нашей страны. Родился и вырос в Минске, окончил физический факультет Белорусского государственного университета и аспирантуру Института физики НАН Беларуси, в котором с 2010 г. и трудится. С 2018 г. – заместитель руководителя научного центра «Физика плазмы», с 2019 г. – глава Совета молодых ученых Отделения физики, математики и информатики НАН Беларуси. Автор более 70 научных работ, 8 патентов. Дважды был удостоен стипендии Президента Республики Беларусь: как один из лучших аспирантов (2014 г.) и талантливых молодых исследователей (2018 г.). Занимается изучением свойств и практического применения плазмы.

направлениям, одно из которых – физика и диагностика плазмы – является сферой научно-исследовательской деятельности Максима Усаченка. Часть этой большой работы связана с исследованием нелинейных процессов при взаимодействии мощных электромагнитных волн с неоднородной замагниченной плазмой. «Здесь наши с коллегами усилия в основном сфокусированы на развитии методов управления абсолютной параметрической неустойчивостью в неоднородной замагниченной плазме при использовании немонахроматичной накачки», – поясняет ученый.

Второй важнейший вопрос – разработка одно- и двумерных электромагнитных кристаллов, управляемых плазмой. Максим рассказывает, что они могут послужить основой для создания новых электрически управляемых элементов волноводных трактов (ключей, переключателей, фильтров, аттенюаторов и др.), способных работать при больших уровнях падающей СВЧ-мощности, а также средств защиты от мощных внешних электромагнитных атак. Получаемые результаты находят применение для развития теоретической модели нелинейного взаимодействия СВЧ-волн с плазмой. «Данная работа выполняется совместно с Физико-техническим институтом имени А.Ф. Иоффе РАН

(г. Санкт-Петербург) и ведется моими старшими коллегами и наставниками Архипенко В.И. и Симончиком Л.В. в стенах НАН Беларуси уже более 40 лет, – характеризует масштабы решения задач Максим Сергеевич. – К слову сказать, это один из немногих путей участия Республики Беларусь в международном проекте ИТЕР».

Иногда начинаешь понимать, что недаром древние предшественники ученых искали не что иное, как философский камень. Будучи наукой точной, современная физика дает возможность убедиться в том, какие многомерные изменения способны происходить при взаимодействиях, делая иной материю и реальность. Например, если облучать плазму радиоволнами, то при некоторых условиях она начинает вести себя подобно металлу. «Это важно, – подчеркивает в нашей беседе Максим Усаченок, – так как все радиоэлементы, особенно рассчитанные на большую мощность СВЧ-излучения, так или иначе работают с металлически структурированными объектами».

Что касается еще одного направления – взаимодействия плазмы с веществом, то уже известны и широко применяются технологии напыления металлов на различные поверхности при помощи плазмы, совершенствуются и методы создания наноматериалов, связанные с разрядами плазмы в жидкостях. Однако удачные лабораторные эксперименты заканчиваются не только новыми технологиями для промышленности, но и разработками для медицины – например, современных методов лечения заболеваний.

– В нашем центре исследуется влияние плазменных потоков на биологические объекты, – поясняет собеседник. – В частности, это направление плазменной медицины, связанное с обеззараживанием ран. Наши специалисты выявляют механизмы того, каким образом плазма убивает бактерии.

### В поисках «вечного двигателя»

Максим Усаченок и его коллеги создают технологии будущего. Это поистине глобальный вопрос, решение которого будет иметь общемировое значение. Хотя крупных термоядерных устройств типа «Токамака» на территории Беларуси не имеется, тем не менее наши ученые активно участвуют в важнейших международных инновационных проектах. Наука безгранична – в полном смысле этого слова.



– Исследования мы выполняем в тесном взаимодействии с нашими коллегами из Физико-технического института им. А.Ф. Иоффе, где работает сильная теоретическая группа, сотрудничающая практически со всеми ведущими термоядерными исследовательскими центрами Европы. Можно сказать, опосредованно через них мы участвуем в решении такой большой проблемы, как создание и внедрение в практику технологии получения «чистой» энергии.

Само понятие токамака было сформулировано еще более 50 лет назад академиком Л.А. Арцимовичем (по любопытному совпадению – белорусом и даже выпускником физмата БГУ). Работа этого устройства основывается на взаимном влиянии плазменного шнура и электрической обмотки, в результате которого получается фактически идеальный трансформатор с малыми тепловыми потерями и возможностью переводить термоядерную энергию в тепловую. Такой принцип получения энергии может позволить обойтись без атомных станций, тем самым сняв с человечества головную боль – проблему контроля их безопасности. Это возможно по той причине, что для получения термоядерной реакции планируется использовать дейтерий-тритиевую смесь. «Даже при условии выхода реактора из строя не получится развития неконтролируемых реакций, ведь плазма просто потухнет», – объясняет Максим. Именно поэтому уже более полувека физики всего мира ищут для человечества что-то вроде вечного двигателя.

При изучении взаимодействия СВЧ-излучения с неоднородной замагниченной плазмой модельные эксперименты наши ученые ставят на линейной плазменной установке «Гранит». Их исследования позволяют проверить теории, объясняющие природу возникновения аномальных эффектов при нагреве плазмы СВЧ-волнами в больших устройствах типа «Токамак» и «Стелларатор».

– Дело в том, – поясняет исследователь, – что эти устройства технически очень сложны, имеют высокое энергопотребление и требуют задействования большого числа сотрудников при проведении экспериментов, а на установках, подобных нашей, выполняются исследования отдельных физических явлений.

Трудно ли находить единомышленников – и среди теоретиков, и тех, которые могут применить находки исследователей на практике? Максим Сергеевич проливает свет на этот процесс:

– В научной среде люди, направляющие усилия на оригинальные научные исследования, формируют вокруг себя группу из тех, кто помогает в реализации идеи. Кто-то диагностикой занимается, кто-то реализацией самих приборов и т.д. Как только исследователь сформировал вокруг себя эту группу из нескольких человек, они работают в заданном направлении. Все результаты, которые они вместе получают, – общие. Найти группу коллег, которая занималась бы чем-то похожим в другой стране, не всегда просто. Как правило, их единицы, и они разбросаны по всему миру. Буквально через год-два все друг друга знают. По конференциям, по публикациям становится ясно: к примеру, вот тут в США группа ученых работает над подобной проблемой. Но хорошо, что мы их пока опережаем! Или наоборот: жаль, что пока не лидируем. У каждой научной группы есть свои секреты. Их наличие подстегивает интерес.

Кроме совместной работы с коллегами из Санкт-Петербурга, белорусские исследователи также сотрудничают с Лабораторией плазмы и преобразования энергии LAPLACE (Франция).

## Куда приводят мечты

Максим мог стать инженером-строителем: вспоминает, как в 11 классе планировал поступать в БНТУ. Теперь признается, что попал в научную среду неожиданно для самого себя. «Так сложились звезды!» – невольно хочется сказать, узнав подробности. Да, лучший ученик одной из минских гимназий в старших классах вдруг увлекся именно небесными светилами.

Максим попробовал свои силы в олимпиадном движении по физике и астрономии. Судьба свела его с такими же увлеченными ребятами, и после окончания школы он поступил на физический факультет БГУ. На 3-м курсе университета познакомился со своими наставниками и с тех пор занимается исследовательской деятельностью.

– Можно сказать, что в школе мне привили потребность к познанию и поиску чего-либо нового, а в университете и в процессе выполнения курсовых проектов научили, как добывать новые знания, – анализирует предпосылки Максим. – При этом меня всегда сопровождали великолепные учителя и преподаватели: в школьные годы – учителя Мороз Зинаида Ивановна и Хмелевский Владимир Васильевич, в университете – заведующий кафедрой атомной физики и физической информатики

Стельмах Георгий Фомич, а в институте – Симончик Леонид Васильевич и Архипенко Валерий Иванович, чьи научные достижения являются несомненным примером для меня. Работа с настоящими, преданными науке учеными помогла мне стать тем, кто я есть сейчас.

Начав работу в Институте физики НАН Беларуси, Максим смог достаточно быстро защитить кандидатскую диссертацию по теме «Газоразрядная плазма в одномерных и двумерных электромагнитных кристаллах». Исследования касались волноводных систем для сверхвысоких частот и возможностей создания быстродействующих функциональных СВЧ-элементов.

– В мире существует огромный спектр СВЧ-устройств, которые можно условно разделить на быстродействующие (управляемые малыми мощностями) и мощные, – откликается ученый на просьбу объяснить сложное просто. – Но если последние меняют свои характеристики, изменения происходят за сравнительно длительный промежуток времени. А применение газоразрядной плазмы, как показано в том числе и нами, позволяет создавать плазменные элементы, которые обладают существенным быстродействием и могут работать при больших СВЧ-мощностях. Это устройства с оптимальными характеристиками.

...А что же со звездами? Увлечение астрономией, в свое время послужившее импульсом для прихода в физику, осталось в его жизни как хобби. Кстати, исследования звезд – отдельная область физической науки, требующая глубоких знаний спектроскопии, радиоспектроскопии, атомной физики и других академических направлений.

## Подрастающая Академия

Максим Усаченок – лидер научной молодежи. Уже 2 года он возглавляет Совет молодых ученых Института физики, а также всего Отделения физики, математики и информатики НАН Беларуси.

– Это интересная работа, а в большей степени общественная нагрузка, позволяющая реализовать организаторские способности, – делится впечатлениями он. – К примеру, мы ежегодно проводим конференцию «Молодежь в науке». Это достаточно крупный форум, на который приглашаются молодые представители научных организаций всех стран СНГ. Активное сотрудничество налажено с Россией, Казахстаном, Узбеки-

станом, другими постсоветскими республиками. В последнее время начали активно взаимодействовать с молодыми коллегами из Польши. Для всех участников это возможность представить своих ученых, их исследования и достижения.

По словам Максима, Совет молодых ученых – это фактически «маленькая, подрастающая Академия». Именно здесь генерируются научные идеи молодежи, происходит их обсуждение с экспертами, аксакалами науки, хранителями ее традиций.

Иногда это происходит в свойственном молодым нестандартном формате. Например, в позапрошлом году в Институте физики прошел «научный пикник», собравший научных сотрудников института во внутреннем дворике за чашкой чая. В свободном, неформальном общении научная молодежь делилась со старшими своими идеями, вопросами, связанными с текущими исследованиями, интересовалась мнением более опытных ученых, спрашивала совета. Старшие коллеги как настоящие отзывчивые наставники откликнулись, нередко высказывали одобрительный отзыв, видя, что ребята развивают новое направление. Максим уверен: такие встречи вдохновляют на новые поиски, помогают сделать коллектив еще более дружным. В дальнейшем, правда, и неформальные собрания пришлось отменить, и даже конференцию для молодых ученых перенести в онлайн-формат: как везде в мире, из-за коронавируса. Реалии времени коснулись физиков не меньше, чем людей всех остальных профессий, близких к науке и далеких от нее.

## На плечах титанов

Множество великих, выдающихся ученых прошлого и настоящего изменили мир к лучшему. «Можно открыть учебник по физике, химии, биологии и пр. и прочитать их имена, и у каждого из них есть черта, которая восхищает меня – стремление к тому, чтобы найти исчерпывающее объяснение устройству окружающего нас мира и тем самым сделать нашу жизнь лучше», – признается Максим. И философски замечает:

– Есть такое выражение: это не мы такие умные, это мы стоим на плечах титанов.

Так оно и есть. Когда человек приходит работать в сформированную научную школу, как правило, там существует несколько направлений исследований. А потом он определяется непосредственно со своей небольшой задачей, которую



будет решать. Однако через некоторое время все может поменяться, могут возникнуть условия, которые диктует сама природа. Мы занимаемся исследованиями, а потом, к примеру, энергетика возобновляемых источников станет настолько эффективной и самоокупаемой, что поиск других альтернатив окажется не столь нужным.

«Зеленая» энергия пока считается достаточно дорогой, однако и проекты вроде «Токамака» далеко не самые экономичные. По мнению экспертов, затраты на их создание и функционирование не намного ниже, чем вложения во всемирно известный Большой адронный коллайдер. И тем не менее, подчеркивает ученый, этот проект необходим: термоядерная энергетика – это действительно светлое будущее всего человечества.

## Компас в лесу науки

Одной из основных задач в работе научного сотрудника наш герой считает создание, формулирование нового знания и передачу его обществу. И хотя идея выглядит очень романтично, ее реализация невозможна без напряженного труда. «Ученый размышляет над поставленными перед ним задачами 24 часа в сутки», – констатирует Максим.

В процессе выполнения научно-исследовательских работ, безусловно, не обходится и без трудностей. Например, всегда стоят на повестке дня такие вопросы, как кадровый состав исследовательской группы, финансирование, обеспеченность оборудованием. При этом главная задача – гораздо более глобальная и отнюдь не прозаическая: не сбиться с пути в поисках нового.

– *Заблудиться в лесу науки очень просто, – размышляет наш собеседник. – Недаром говорят: занялся научными исследованиями – будь готов долго над чем-то работать, а потом, если потребуются, все полученные результаты выбросить.*

В этом и состоит сложность профессии исследователя: технологический мир меняется так стремительно, что не всегда возможно предугадать, что будет завтра. И обстоятельства могут сложиться так, что исследования, проводимые сегодня, завтра вдруг потеряют актуальность. Каждый хочет быть первооткрывателем, но ученые стараются относиться к миру философски.

– *Представьте, что, получив впечатляющий результат, претендующий на некое открытие, вы решаете его проверить, протестировать на другом, более современном и чувстви-*

*тельном оборудовании. При новых разрешениях по длинам волн, времени, другим важным показателям может оказаться, что то, над чем вы бились, является лишь эффектом использования в работе прибора. Такая ситуация встречается при экспериментах нередко. Любые гипотезы нуждаются в тщательных проверках.*

Избежать ошибки, по мнению Максима, можно также в ходе научных дискуссий. Вести их необходимо и со старшими коллегами, и с теми, кто имеет опыт исследований в смежных областях. Даже со вчерашними выпускниками университетов. А иначе можно годами «изобретать велосипед, не понимая, что за стенкой стоит мотоцикл – в научном смысле». Кстати, подчеркивает ученый, именно для такого обмена опытом и нужны научные конференции. Он уверен, что важное качество, позволяющее исследователю быть успешным независимо от области выбранного научного направления, – способность изъясняться на доступном для собеседника языке.

## Расписание на послезавтра

– *Надеюсь, в обозримом будущем заработает термоядерная энергетика, концепция которой была сформулирована 50 лет назад, – делится Максим и тут же уточняет, что на самом деле представить предмет исследования его коллег через полвека практически нереально:*

– *Физика – чрезвычайно многогранная и динамично развивающаяся область науки и человеческой деятельности. Соответственно, и предсказать, какое направление станет лидирующим в следующие десятилетия, да и в любой другой период времени, просто не представляется возможным.*

Несмотря на колоссальные научные прорывы прошлого и текущего веков, человек еще очень многого не знает об окружающем мире. Для физики, которая формирует объективную картину реальности, по мнению М. Усаченка, еще на многие поколения исследователей хватит упорных поисков и удивительных открытий. И возможно, некоторые из них мы увидим уже скоро – как чудо нашей реальности, постепенно переходящее в категорию привычной, уютной, хорошо знакомой и даже незаменимой обыденности. ■

Татьяна ЖДАНОВИЧ